



SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O REAPROVISIONAMENTO INTERCONTINENTAL

PATRÍCIA ISABEL VIEIRA MAGALHÃES

Outubro de 2015

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O REAPROVISIONAMENTO INTERCONTINENTAL

Patrícia Isabel Vieira Magalhães

Dissertação de Mestrado

Orientador: Professor Doutor Manuel Pereira Lopes



Mestrado em Engenharia Mecânica, ramo Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2015

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Mecânica ramo Gestão Industrial

Candidato: Patrícia Isabel Vieira Magalhães, N° 111051, 111051@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professor Doutor Manuel Pereira Lopes, mpl@isep.ipp.pt



Mestrado em Engenharia Mecânica, ramo Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

19 de outubro de 2015

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Manuel Pereira Lopes, pelo seu conhecimento e acompanhamento incondicional desde o primeiro momento, por acreditar na potencialidade do projeto, ajudando-me a ultrapassar todos os obstáculos, mesmo estando noutra continente. Muito Obrigada!

A Angola e a todas as pessoas que tive a oportunidade de conhecer num ambiente e cultura diferente, que me acolheram, protegeram e que me fizeram crescer a nível pessoal e profissional. Hoje vejo o Mundo de forma diferente!

Às amigas que permanecem depois do mestrado, pela dedicação, troca de experiências e companheirismo ao longo destes últimos anos.

Aos amigos que me acompanham desde sempre, pela grandiosa amizade, carinho, apoio e dedicação que demonstraram ao passo que fui crescendo e que arranjam sempre forma de tornar a distância muito pequena.

Aos meus pais que são o meu pilar, pelo apoio e carinho sem limites que sempre me proporcionaram.

Resumo

Este estudo foi desenvolvido em contexto empresarial e apresenta o levantamento de uma oportunidade de melhoria conjunta nos processos de gestão de stocks, compras e logística com o objetivo de otimizar a seleção e envio dos artigos com necessidade de reposição.

O caso de estudo apresentado neste documento retrata o circuito logístico entre uma empresa sediada em Angola e outra em Portugal. A primeira dedica-se à venda por grosso e a retalho que é fornecida pela segunda, onde também está concentrada a gestão de aprovisionamento.

Integrando uma sociedade menos desenvolvida como Angola, a delicadeza e complexidade dos problemas associam-se à incerteza, tornando um ambiente propício para a identificação e implantação de melhorias nos processos de decisão, colmatando a dependência de apoio em sistemas e serviços externos.

Com uma logística de abastecimento intercontinental, a seleção e envio de mercadoria é uma preocupação dos gestores, uma vez que o tempo de fornecimento é longo e poderá afetar a *performance* das vendas caso seja uma decisão não sustentada. Com o foco no apoio à decisão, desenvolveu-se uma ferramenta que incorpora os detalhes da atividade empresarial que permite selecionar os artigos para reposição, maximizando o seu potencial valor de vendas.

Palavras-Chave

Sistema de Apoio à Decisão, Logística, Gestão, Aprovisionamento, Vendas

Abstract

This study was developed in a business context and presents an opportunity to joint improvement in inventory management process, purchasing and logistics in order to optimize the selection and sending the products in need of replacement.

The case study presented in this document reflects the logistic circuit between a company based in Angola and another in Portugal. The first is dedicated to sale to wholesale and retail that is provided for the second witch also concentrates the supply management.

Integrating a less developed society such as Angola, the delicacy and complexity of the problems are associated with uncertainty, making appropriate environment to the identification and implementation of improvements in decision-making processes, bridging the dependence on external support systems and services.

With an intercontinental supply logistics, the selection and shipment products is a concern for managers since the time associated in supply is long and can affect sales performance if the decision is non-sustainable. With a focus on decision support, it developed a tool that incorporates the details of business activity that allows selecting the items for replacement, maximizing their potential sales value.

Keywords

Support Decision System, Logistics, Management, Procurement, Sales

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	X
SIGLAS	11
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS	14
1.2. CONTRIBUTOS	14
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	14
2. ESTADO DA ARTE	15
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	19
3.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	19
3.2. PROPOSTA DE MELHORIA	23
3.3. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO	26
3.4. SOLUÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	31
4. CONCLUSÕES	40
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

Índice de Figuras

Figura 1: Circuito de reaprovisionamento.....	20
Figura 2: Processo de reposição de necessidades de stock	22
Figura 4: Sistema de apoio à decisão	23
Figura 3: Proposta de melhoria do processo de reposição de necessidades de stock.....	25
Figura 5: Dados de entrada para simulação.....	32
Figura 6: Configuração do modelo utilizando o <i>OpenSolver</i>	33
Figura 8: Plano de Validação do SAD	34
Figura 9: Quadro-solução do SAD.....	34
Figura 10: Instância de teste ao SAD.....	35

Índice de Tabelas

Tabela 1: Definição dos cenários de demonstração da Função-Valor.....	27
Tabela 2: Demonstração da valorização da Função- Valor.....	27
Tabela 3: Etapas para validação do modelo	31
Tabela 4: Quadro-Controlo para gerar valores aleatórios dos parâmetros	31
Tabela 5: Parâmetros das restrições do modelo	33
Tabela 7: Solução SAD: Artigos selecionados para reposição.....	36
Tabela 8: Amostra da solução do SAD ordenada por Função-Valor por Volume	37
Tabela 9: Amostra da solução do SAD ordenada por Função-Valor por Financiamento	38

Siglas

INE	- Instituto Nacional de Estatística
SAD	- Sistema de Apoio à Decisão
PALOP	- Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa
OPEP	- Organização de Países de Exportação de Petróleo
PE	- Ponto de Encomenda
m ³	- Metro cúbico
cm ³	- Centímetro cúbico
Kg	- Quilograma
PL	- Programação Linear
€	- Euros
U.M.	- Unidades Monetárias
FV	- Função-Valor
SKU	- <i>Stock Keep Unit</i>
ERP	- Enterprise Resource Planning
VBA	- Visual Basic for Applications

1. INTRODUÇÃO

Portugal sofreu uma grande reestruturação económica nos últimos anos e com as dificuldades a emergir suportou-se nos mercados internacionais com o objetivo de aumentar as suas exportações de bens e serviços dilatando assim a sua riqueza interna. Com o panorama de crise económica instalada as empresas portuguesas foram obrigadas a criar parcerias, negócios ou empresas noutros países. Angola e Brasil estão entre os destinos escolhidos pelos empresários portugueses, onde as exportações têm vindo a aumentar, mantendo Angola como o quarto mercado de destino de exportações tendo em 2014 aumentado cerca de 2,0%, representando 6% das exportações de bens nacionais. (Instituto Nacional de Estatística, I.P., 2015)

Realça-se também o aumento de investimento português nos PALOP (Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa) e OPEP (Organização de Países de Exportação de Petróleo), como estratégia de crescimento uma vez que são mercados subdesenvolvidos com diversas necessidades, ideais para o mercado português contribuir com *know-how* conseguindo atender às necessidades e à escassez dos mercados locais.

Apesar de nos últimos anos assistirmos a um aumento no número de empresas portuguesas a tentar expandir para estes mercados, são mercados muito frágeis e facilmente abaláveis, como por exemplo Angola, que está financeiramente muito dependente da exploração

petrolífera. Os processos burocráticos e a evolução dos sistemas operacionais do país são ainda deficitários para uma rápida capacidade de atuação.

É notório o esforço do sistema político angolano para atrair o investimento nacional e internacional para o aumento da produção nacional, contudo a qualificação de recursos técnicos ainda é deficitário e coloca Angola dependente na procura de soluções nos mercados externos.

Este projeto surge no mercado angolano numa organização sediada em Luanda, que se dedica à comercialização de produtos consumíveis para os setores da construção civil e manutenção industrial. Sendo uma das categorias de produtos com mais expressão nas exportações portuguesas para Angola, as relações comerciais entre organizações estimulam a criação de parcerias sendo comum a partilha de serviços e recursos de forma a potencializar as trocas comerciais.

Neste contexto, e em termos logísticos é criada uma parceria com uma empresa em Portugal que trata de toda a gestão de compras e preparação de mercadoria face às necessidades emitidas pela empresa angolana. Como o âmbito do negócio é o comércio por grosso e por retalho, noventa e cinco por cento das compras correspondem a material proveniente da Europa e cinco por cento representam as compras realizadas no mercado local para resposta a necessidades especiais ou urgentes de clientes.

Com dificuldades operacionais acrescidas em Angola, identificou-se uma oportunidade de melhoria em analisar os stocks não só na ótica de reaprovisionar o que está em falta, mas acrescentar o seu impacto nas suas vendas, determinando assim a melhor decisão de reposição. O cruzamento do exercício da gestão de stocks com a logística de abastecimento intercontinental origina este estudo para encontrar uma solução otimizada que permita apoiar a decisão de reposição das necessidades, incluindo todos os fatores particulares dentro do contexto do negócio e no âmbito da organização apresentada.

1.1. OBJETIVOS

Os objetivos propostos para esta pesquisa e análise do caso de estudo em contexto empresarial são os seguintes:

- Identificar e apresentar todos os fatores influentes nos processos de gestão de aprovisionamento, compras e logística;
- Desenvolver uma solução capaz de determinar a ótima seleção de artigos com necessidades de reposição;
- Potenciar o desenvolvimento da solução para que seja capaz de se ajustar a outros contextos e organizações.

1.2. CONTRIBUTOS

Os contributos deste trabalho foram os seguintes:

- Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para o problema da reposição de stocks de um armazém de distribuição, fornecido pela empresa parceira;
- Aplicação do SAD para qualquer tipo de transporte utilizado;
- Flexibilidade do SAD ser um modelo que permite incorporar novos detalhes ou alterações de cada atividade empresarial.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente documento é composto por 4 capítulos.

No Capítulo 2, apresenta-se o estado da arte, fazendo o enquadramento teórico e referindo alguns estudos que serviram de enquadramento base do presente relatório. No capítulo 3, é apresentado o desenvolvimento do projeto fazendo o levantamento do problema, propondo as melhorias ao processo e apresentando a metodologia do desenvolvimento do sistema de apoio à decisão, validação e resultados do sistema formulado.

No último capítulo, concentra-se todas as conclusões retidas no desenvolvimento da metodologia apresentada e sugestões para desenvolvimentos futuros.

2. ESTADO DA ARTE

Este trabalho está no âmbito da Investigação Operacional, uma área científica que surgiu no final da II Guerra Mundial, com a necessidade de estudar a melhoria nas decisões relativamente aos recursos disponíveis e operações militares. Com a evolução científica desde então e principalmente com a evolução da tecnologia e sistemas de informação, os progressos nesta matéria foram consideráveis (Tavares, Oliveira, Themido, & Correia, 1996).

O problema em estudo cruza duas áreas, gestão de stocks e logística em que cada uma tem as suas limitações, iniciando-se um processo de decisão sobre as várias vertentes do problema. O sistema desenvolvido tem como principal objetivo apoiar a tomada de decisão apresentado uma solução otimizada do problema, sendo designado por Sistemas de Apoio à Decisão (SAD).

Da pesquisa efetuada nas bibliotecas científicas, não foi possível encontrar trabalhos que tratassem o problema em estudo de forma completa. Por este motivo, vai ser apresentada uma breve revisão de bibliografia centrada nos principais temas do projeto: gestão simultânea de níveis de stocks e de recursos, tais como, o investimento e o transporte.

(Khouja & Goyal, 2008) expõem a sua pesquisa num artigo que revê e resume a literatura desde de 1989 até 2005 sobre o reabastecimento conjunto, *Joint Replenishment Problem* (JRP). Os problemas no âmbito do JRP utilizam modelos para minimizar o custo total satisfazendo a procura. O custo total está composto por custos de produção ou preparação dos artigos, custos de transporte e expedição, custos de aquisição de stock, impostos, seguros. Num problema com multi- produtos, a decisão passa por determinar quais as quantidades ideais de um determinado produto seja para comprar, expedir ou produzir. Os modelos de JRP têm mais aplicação nos problemas de vida real do que modelos para resolver isoladamente problemas de stocks.

No estudo apresentado neste documento, a atenção é concentrada na maximização no valor das vendas aceitando os custos inerentes ao reabastecimento conjunto. O estudo apesar de pertencer aos problemas JRP concentra-se no potencial valor de vendas que pode gerar ao admitir as quantidades ideais.

(Musalem & Dekker, 2005) apresentam uma política de reabastecimento conjunto de múltiplos produtos quando partilham os mesmos recursos (ex. o mesmo transporte) numa ótica de melhorar e/ou dividir os custos fixos. É um problema no âmbito do JRP agregando os seguintes fatores: quantidades mínimas para cada item, custos de preparação das ordens de produção admitindo quantidade mínima e custos fixos de transporte.

O caso retrata uma empresa que vende a retalho artigos de animação na Holanda e na Bélgica e tem um centro de distribuição nos Países Baixos. As ordens de produção são emitidas ao fabricante na China que por sua vez recebe matérias-primas e componentes de outros fornecedores. O centro de distribuição aprovisiona as lojas a retalho.

Apresentam a primeira abordagem considerando a reposição conjunta, com ordens de produção com quantidades mínimas por item num determinado prazo. Se o inventário é feito pelas quantidades de reposição o sistema é controlado pelo nível do item, utilizando combinações viáveis para reposição conjunta. As quantidades encomendadas têm que satisfazer a quantidade mínima para o item considerando uma taxa para o nível de serviço. Caso a quantidade de reposição é determinada pelo transporte, é potencializada a capacidade do transporte face ao cenário anterior.

A segunda abordagem dos autores, sugere a reposição conjunta sem mínimo de quantidades de encomenda por ordem, com stocks intermédios, encurtando o prazo de

entrega. Para isso a empresa deverá ter um contrato de fornecimento com o fabricante, reduzindo o prazo de produção para a quantidade mínima admitida, e o sistema é controlado por uma política de nível máximo de stock admitindo um determinado nível de serviço.

Concluíram que o uso de stocks intermédios para relaxar as quantidades mínimas de encomenda facilita o controlo da cadeia de abastecimento e encurta o prazo de entrega, conseguindo 44% de redução de custos (Musalem & Dekker, 2005).

Relacionando a gestão de stock com o transporte os autores (Sindhuchao, Romein, Akçali, & Boondiskulchok, 2005) apresentam um sistema que apoia a decisão para a recolha de mercadoria nos diversos fornecedores geograficamente dispersos, para o armazém central onde se reúne todo o stock, e por fim a distribuição nos retalhistas. Concentram-se em coordenar e reduzir custos relacionados com stock e transporte em conjunto, uma vez que a entrega (grupo de clientes) ou recolha (grupo de fornecedores) contém mercadoria diversa. Assim, para um determinado veículo, os fornecedores são agrupados que por sua vez fornecem um grupo de material, gerando as ordens de recolha por veículo, não podendo ser divididas por mais veículos. Os problemas concentraram-se em dividir os artigos em grupos, rotas de recolha por veículo e especificar as quantidades de reabastecimento ao mesmo tempo que se pretende minimizar a expedição total, roteamento de veículos, ordens fixas, custos com gestão stock associadas à capacidade do transporte. Utilizam um algoritmo *branch-and-price* para resolver o tamanho das instâncias para otimização, mas como o algoritmo não é escalável, desenvolvem heurísticas de melhoria para encontrar eficientemente soluções ótimas para o problema, como a análise sensibilidade. (Sindhuchao, Romein, Akçali, & Boondiskulchok, 2005)

O caso apresentado pelos autores (Yang & Chen, 1999) aborda o problema de decisão de alocação dos artigos em prateleira. É um caso relevante para o estudo apresentado neste documento embora inserido noutro contexto. Retrata assim, um problema de programação inteira com características de um problema tipo saco-mochila (*knapsack problem*), cujo objetivo do problema é maximizar o lucro. Nesta função são considerados todos os custos associados a operações e ao produto, assim como custos associados à permanência do produto em loja e transporte, margens e volume de vendas. As restrições do problema estão relacionadas com a capacidade da prateleira, os limites do produto (inferior e superior) e disponibilidade do produto. Como se trata de um problema não linear poderá a sua

aplicação ser complexa quando se fala na cadeia da grande distribuição (muitos artigos), e por essa razão os autores apresentam uma alternativa a este modelo inicial. Com base numa pesquisa por questionário, a estratégia da gestão do espaço em prateleira pode influenciar as operações de alocação e a sua performance, assim como, a operação de alocação pode afetar a sua performance. Concluem que os retalhistas devem evidenciar as estratégias de gestão de espaço em prateleira e aumentar os níveis de operação de alocação com fim de aumentar a sua performance. (Yang & Chen, 1999)

No caso em estudo, a potência dos artigos na representação das vendas vão determinar a importância na seleção de artigos a enviar de Portugal para Angola.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A empresa onde se desenvolveu este estudo está sediada em Angola e possui duas lojas (uma de venda a retalho e outra de venda por grosso e armazém) dedicando-se ao comércio de artigos consumíveis para a construção civil e manutenção industrial, sendo o seu alvo o público em geral e o mercado empresarial.

Nos últimos anos a empresa angolana registou o seu maior crescimento, contudo com o aumento da concorrência o mercado começou a exigir uma maior capacidade de resposta sendo que foi propício neste período rever todos os processos e práticas internas da empresa, estabelecendo novos objetivos e políticas. A definição de políticas e modelos de gestão de compras e aprovisionamento foi a maior reestruturação organizacional conseguida, uma vez que os métodos dependiam da sensibilidade do elemento decisor por histórico ou pela constante procura dos artigos.

O processo logístico é um dos processos mais complexos que impera entre as trocas comerciais intercontinentais. Existem inúmeros e imponderáveis aspetos relacionados com burocracia, interesses das empresas de navegação e todas as questões relacionadas com o

sistema administrativo e funcional de todas as instituições em Angola que torna o funcionamento logístico importante no circuito de reaprovisionamento.

O processo de reaprovisionamento está descrito na Figura 1. As necessidades de stocks são emitidas pela empresa angolana e enviadas à central de compras que está sediada em Portugal, sendo uma parceria empresarial criada para o efeito que gere todo o processo de compras, consolidação de carga e embarque das necessidades. O armazém em Angola armazena a mercadoria e satisfaz as vendas por grosso (mercado empresarial). É também responsável pela reposição das necessidades da loja (venda ao publico geral).

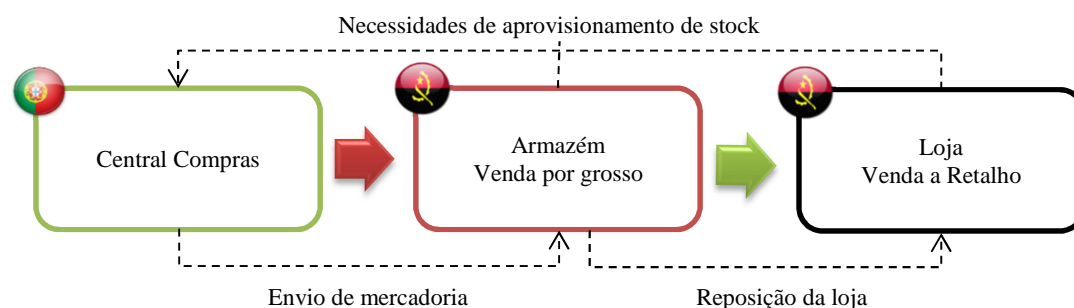


Figura 1: Circuito de reaprovisionamento

Neste processo, existe um conjunto de limitações que tornam a análise e a decisão difíceis de realizar. O processo de reposição de necessidades de stock está projetado na Figura 2.

A central de compras recebe a listagem de artigos com necessidades de reposição, que corresponde à listagem de artigos que atingiram o seu ponto de encomenda, que analisa e faz a seleção dos artigos a repor e a enviar.

Está estabelecido pela empresa um ciclo quinzenal de envio de mercadoria (ciclo de reposição). Esta decisão da gestão baseia-se na capacidade que a empresa destino tem para receção, conferência e lançamento da mercadoria para venda.

Existe limitação de capacidade do transporte e é necessário calcular o valor correspondente ao volume e peso global da mercadoria e avaliar se os valores satisfazem os requisitos. O volume máximo é a restrição diretamente relacionada com a capacidade máxima do transporte escolhido. O peso também é uma restrição relacionada com o tipo de transporte

escolhido para embarque da mercadoria, uma vez que as empresas de transporte estipulam um limite máximo.

Um outro elemento importante nesta análise é o financiamento para a operação de compra. O orçamento programado da empresa para compras por operação de envio de mercadoria é influenciado pela atividade comercial e por questões legais. Por um lado, atribui-se um valor mínimo de compras que garanta a rentabilidade do negócio, por outro lado, atribui-se um valor máximo que está relacionado com os processos de financiamento e também com questões inerentes aos seguros de embarque, uma vez que o país destino é considerado um país de risco. Estes valores, mínimo e máximo, são definidos pela gestão e são as linhas que o processo de compras deve seguir.

É nesta fase que surgem mais problemas para resolver. O constante ajuste nos valores ideais *versus* a necessidade de reposição, causa alguma demora na resolução levantando muitas questões para o analista decidir.

A mercadoria é consolidada em paletes e caixas multimaterial para melhor aproveitamento da capacidade do tipo de transporte escolhido, que no caso apresentado, é o transporte marítimo.

Quando a mercadoria chega ao porto de Luanda é iniciado o processo de desalfandegamento e a mercadoria é rececionada no armazém que confere, armazena e envia a reposição de stocks emitida pela loja

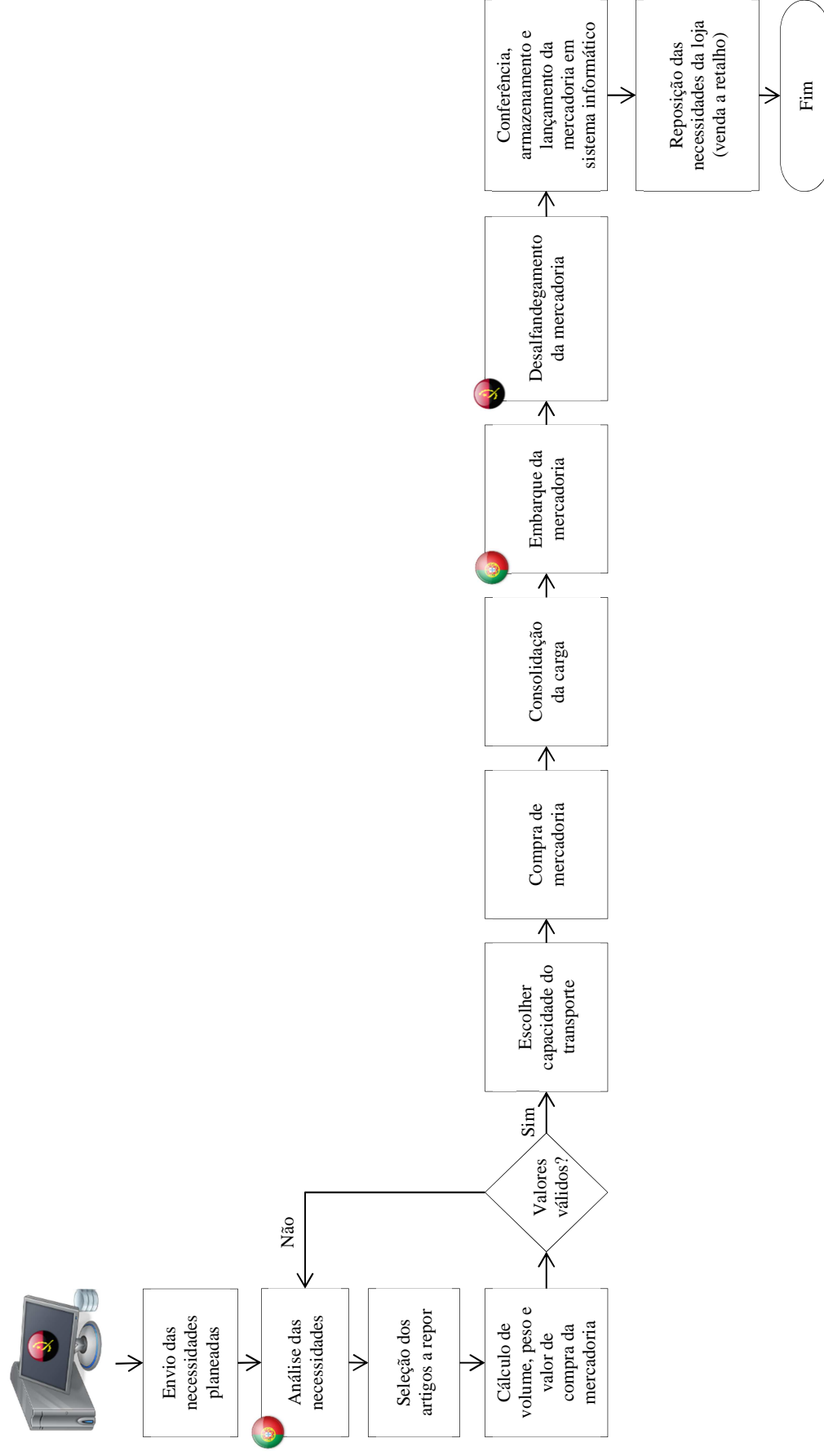


Figura 2: Processo de reposição de necessidades de stock

Em suma, o processo de reaprovisionamento inicia em Angola que extrai do sistema informático a listagem dos artigos que atingiram o ponto de encomenda. A empresa em Angola envia a listagem à central de compras em Portugal que analisa e decide quais as necessidades a repor. Determina também o tipo de transporte face aos artigos analisados e gere todo o processo de compra, tentando garantir a disponibilidade da mercadoria atempadamente em armazém para consolidação e embarque agendado.

A mercadoria é desalfandegada em Angola e rececionada em armazém, que depois da conferência e lançamento em sistema informático, repõe a loja conforme as suas necessidades.

3.2. PROPOSTA DE MELHORIA

Com vista a tornar o processo aprovisionamento de necessidades de stocks mais rápido e mais eficaz, a proposta de melhoria do processo assenta no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão que realize a análise das necessidades de reposição e determine a solução ótima para os artigos e quantidades a repor, de acordo com os critérios estabelecidos. O problema de decisão que se coloca é saber quais os artigos que devem ser enviados e respetivas quantidades, por forma a maximizar as vendas das lojas e retornar maior valor para a empresa.

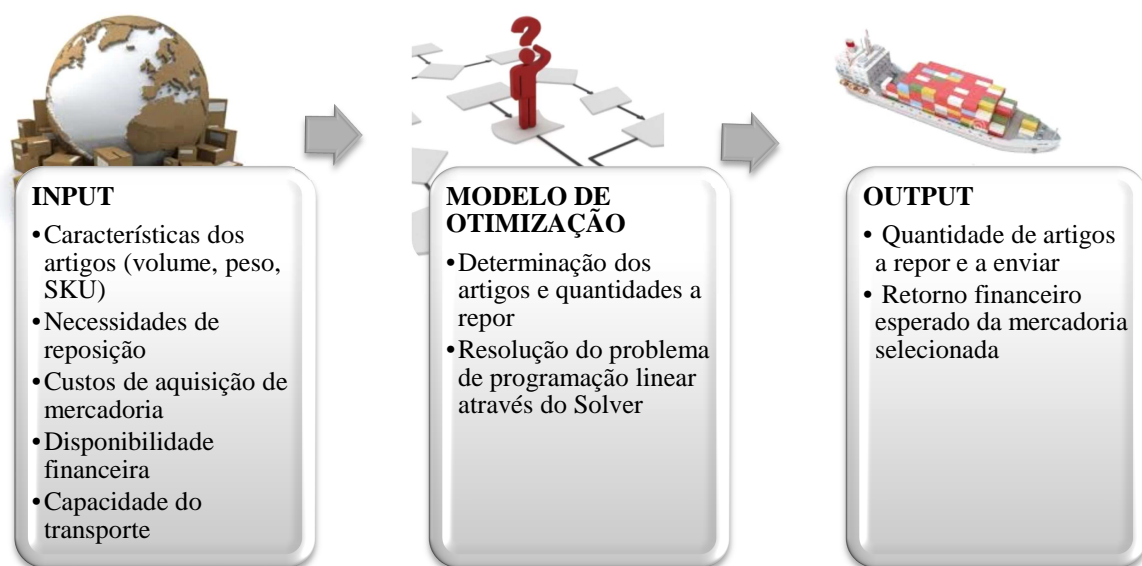


Figura 3: Sistema de apoio à decisão

Dos níveis de stock dos artigos em base de dados consegue-se determinar o seu volume, peso, quantidades a repor e custo de aquisição. Considerando todos os pressupostos do problema, o modelo de otimização pretende determinar num dado momento, os artigos e quantidades a repor. O modelo é preenchido com os parâmetros do problema utilizando o Excel que por sua vez utiliza a função *Solver* para a resolução de um problema de programação linear (PL).

Isto permitirá realizar todo o processo de decisões de reaprovisionamento no centro de gravidade da operação.

O objetivo é desenvolver uma ferramenta que apoie o gestor na tomada de decisão, permitindo a possibilidade de analisar vários cenários alternativos e selecionar o melhor, incorporando informação adicional, não representada no modelo.

A Figura 4 ilustra a nova abordagem ao problema, propondo melhorias no processo. O processo de identificação das necessidades de reposição inicia-se com a definição dos limites do problema e introduzidos pelo utilizador no SAD (capacidade do transporte, peso, volume, disponibilidade financeira, volume de vendas).

O SAD em função do seu objetivo que é maximizar o valor de vendas das necessidades de reposição, seleciona a mercadoria ótima a enviar. O analista por sua vez analisa os resultados e valida a solução, emitindo uma listagem de necessidades.

Seguidamente a listagem de necessidades é enviada à central de compras em Portugal que deixa de analisar as necessidades listadas e decidir o que deve enviar e passa apenas a gerir o processo de compras e logística até ao embarque da mercadoria. A mercadoria é rececionada e armazenada em Angola em que o armazém por sua vez abastece a loja de venda ao público (Figura 4).

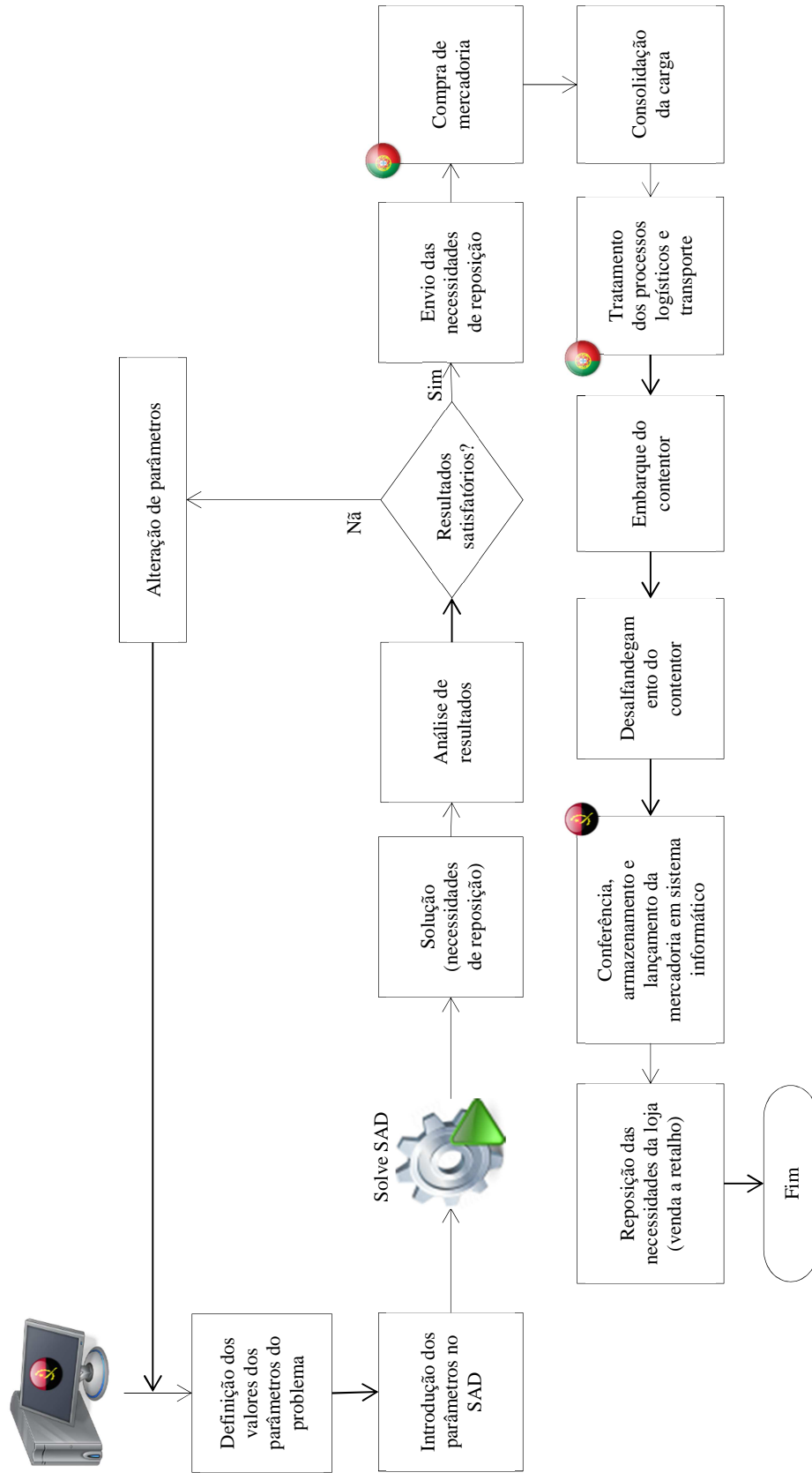


Figura 4: Proposta de melhoria do processo de reposição de necessidades de stock

3.3. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

Este caso de estudo enquadra-se na área da investigação operacional sendo tratado como um problema de programação linear. A formulação do modelo de otimização é apresentada nesta secção.

3.3.1. DEFINIÇÃO DA FUNÇÃO OBJETIVO

A função objetivo do modelo de otimização é representada por uma função construída para este problema designada por Função-Valor (FV). Esta função é utilizada para valorizar os artigos e os diferenciar.

Como o abastecimento das necessidades de reposição não é imediato, é relevante saber antecipadamente o potencial que determinado artigo representa em termo de vendas, de forma a sustentar a decisão neste processo de aprovisionamento.

Assim sendo, quando um artigo atinge o ponto de encomenda, garante-se que, em termos médios, existirá stock suficiente para cobrir a procura até à próxima reposição. No caso de um artigo não ser selecionado para envio nesse período, o modelo informa o potencial valor de vendas perdidas.

Como o período definido para enviar mercadoria é um parâmetro de entrada, o valor resultante da FV é analisado sempre até à próxima saída de mercadoria (próximo ciclo de reposição).

$$\textbf{Função Valor (FV)} = (A - \Delta PE) \times \bar{V}_d \quad (i)$$

Em que:

A – Período de envio de mercadoria (dias)

ΔPE – Número de dias para atingir o ponto de encomenda (dias)

\bar{V}_d – Valor médio diário de vendas (U. M.)

Dada a importância da FV para a resolução do problema em análise, apresentam-se quatro exemplos que pretendem ilustrar a relação da FV com os diversos parâmetros do problema:

Tabela 1: Definição dos cenários de demonstração da Função-Valor

Cenário	Descrição
1	Demonstrar o efeito isolado da distância temporal até ao ponto de encomenda
2	Demonstrar o efeito da diferença do valor unitário dos artigos face à distância temporal
3	Demonstrar o efeito isolado da diferença do volume de vendas diário
4	Demonstrar o efeito da diferença do volume de vendas diário face à distância temporal até ao ponto de encomenda

Pretende-se diferenciar os artigos no momento de seleccionar a mercadoria a enviar e relaciona-se proporcionalmente o potencial valor de vendas do artigo com a necessidade de enviar o mesmo, com uma distância temporal de envio de mercadoria quinzenal.

Tabela 2: Demonstração da valorização da Função- Valor

Cenário	Artigo	Dias de vendas para atingir o PE	Preço Venda (U.M.*/Uni)	Volume médio diário de vendas (Uni/dia)	Função – Valor (U.M.)
1	A	1	100	5	7 000
	B	10	100	5	2 500
2	A	1	100	5	7 000
	B	10	1 500	5	37 500
3	A	1	100	40	56 000
	B	10	100	35	17 500
4	A	1	100	35	49 000
	B	10	100	40	20 000

No **Cenário 1** verifica-se que, em situação de igualdade a nível de representação de volume de valor de vendas, o que difere os dois artigos é a distância temporal para atingir ponto de encomenda.

Já no **Cenário 2**, a diferença do volume em relação às vendas vai determinar a importância de cada artigo e realça o artigo que mais representação tem, em termos de vendas, apesar de atingir o ponto de encomenda mais tarde e mais perto da próxima saída de mercadoria.

Considerando o primeiro cenário e alterando o volume de vendas diário, no **Cenário 3** verifica-se que o artigo mais próximo do ponto de encomenda é o artigo que também tem maior volume de vendas diário representando maior influência nas vendas e portando dos dois artigos seria o artigo escolhido para envio. No **Cenário 4**, trocam-se os valores considerados no Cenário 3 no que diz respeito ao volume de vendas diário e verifica-se que o artigo mais importante nesta comparação é o que está mais distante do ponto de encomenda, mas é o artigo que a nível de vendas é mais representativo.

Desta forma, mostra-se que a Função-Valor consegue transmitir a importância dos artigos na representação do negócio, sendo um elemento importante no desenvolvimento do trabalho.

3.3.2. MODELO MATEMÁTICO

Apresenta-se a formulação do modelo matemático que visa selecionar os artigos com necessidades de reposição de modo a maximizar o volume valor de vendas, sem exceder a capacidade de volume e peso do transporte, considerando um determinado plano de financiamento.

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i \in \mathbb{N}} FV_i \cdot x_i, \quad (i = 1, 2 \dots N) \quad (\text{ii})$$

s.a.

$$[\text{Peso, Kg}] \quad \sum_{i \in \mathbb{N}} P_i \cdot x_i \leq P_{\max} \quad (\text{iii})$$

$$[\text{Volume, cm}^3] \quad \sum_{i \in \mathbb{N}} V_i \cdot x_i \leq V_{\max} \quad (\text{iv})$$

$$[\text{Financiamento, U.M}] \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in \mathbb{N}} F_i \cdot x_i \leq F_{\max} \end{array} \right. \quad (\text{v})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in \mathbb{N}} F_i \cdot x_i \geq F_{\min} \end{array} \right. \quad (\text{vi})$$

$$[\text{Quantidade reposição, SKU}] \quad \sum_{i \in \mathbb{N}} Qr_i \cdot x_i \geq Qr_i \quad (\text{vii})$$

$$x_i \in \mathbb{Z} \quad (\text{viii})$$

$$x_i \geq 0 \quad (\text{ix})$$

Variáveis de Decisão:

x_i – Quantidade a repor do artigo i

Parâmetros:

N – Número total de artigos

FV_i – Função- Valor por artigo i

P_i – Peso do artigo i por SKU

P_{\max} – Peso máximo permitido do transporte

V_i – Volume do artigo i por SKU

V_{\max} – Volume máximo admitido do transporte

F_i – Financiamento do artigo i por SKU

F_{\max} – Financiamento para compra da mercadoria máximo estipulado

F_{\min} – Financiamento para compra da mercadoria mínimo estipulado

Qr_i – Quantidade máxima de reposição do artigo i em SKU

Representando todos os pormenores dos processos de aprovisionamento e logístico o modelo matemático incorpora todas as limitações referenciadas em função da potencialização do valor de vendas que os artigos revelam. A expressão (ii) é a função responsável por garantir o objetivo do modelo.

A restrição (iii) garante que o limite de peso máximo não é ultrapassado conforme indicações das empresas de transportes.

No que diz respeito ao volume, a restrição (iv) acredita que o volume máximo da capacidade do transporte não seja excedido. Considera-se uma margem para espaços vazios, situação que acontece quando existe consolidação de carga, designando-se por volume máximo o volume do transporte menos a percentagem de espaços vazios considerada.

Já as restrições (v) e (vi) estão relacionadas com o plano de financiamento da operação. Garantem que os limites máximos e mínimos do orçamento disponibilizado não seja excedido.

A restrição (vii) correspondente à quantidade de mercadoria a enviar. Como a FV está diretamente ligada ao período de envio de mercadoria, o modelo poderá reajustar as quantidades até a próxima revisão de stock, racionalizando o envio de determinados artigos para potenciar outros.

Em suma, mediante o problema de reposição de necessidades de stock em contexto empresarial apresentado, o objetivo do SAD desenvolvido é selecionar os artigos e a quantidade a repor (variáveis de decisão), que representem o maior valor de vendas. Na impossibilidade de envio de todos os artigos com necessidades de reposição, os não considerados representam o menor valor de vendas face aos que são selecionados.

3.4. SOLUÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

O modelo de otimização é uma representação simplificada da operação, o resultado da sua solução deverá ser capaz de prever e apoiar a tomada de decisões ajustadas à realidade.

Para obter a solução do modelo matemático formulado, utilizou-se o Excel e a sua função Solver.

Para simulação e validação do modelo, procederam-se às seguintes etapas:

Tabela 3: Etapas para validação do modelo

Etapas	Descrição
Criação das instâncias de teste	Determinação dos valores dos dados históricos; Determinação dos limites das restrições.
Análise da solução obtida	Apresentação da solução obtida; Identificação das variáveis críticas; Validação da solução por ordenação da variável crítica.
Conclusões da Validação	Principais conclusões da validação do método.

3.4.1. GERAÇÃO DAS INSTÂNCIAS DE TESTE

Para garantir imparcialidade nos resultados, foram utilizados valores gerados aleatórios para cada parâmetro do problema. Desta forma, apesar de a construção do modelo representar o negócio do caso em estudo, poderá ser parametrizado para outras atividades e tipo produtos.

Tabela 4: Quadro-Controllo para gerar valores aleatórios dos parâmetros

PARÂMETRO	Limite min.	Limite max.
Quantidade de Reposição – SKU	1	30
Volume/ SKU (cm3)	1 000	200 000
Peso/ SKU (Kg)	1	20
Preço custo/ SKU (U.M)	1	100
Função Valor/SKU (U.M.)	-100	500

Estes parâmetros representam o intervalo de valores utilizado para a geração de valores aleatórios. Consideram-se os parâmetros por SKU (*Stock Keep Unit*) para que seja aplicável a qualquer dimensão de gama, atividade de negócio ou outro aspeto relevante para o negócio. Os parâmetros acima estão baseados na experiência profissional adquirida que circunscreve uma ampla gama de produtos com diferentes posições no negócio e expressão a nível de gestão de stocks, tanto a nível de custo, como dimensões e quantidade de reposição.

A consolidação de carga poderá incorporar diversos tipos de artigos onde existem artigos muito pequenos e artigos muito grandes. Admite-se que os parâmetros acima definidos representam na sua generalidade a atividade em estudo.

Os parâmetros da FV consideram um universo de artigos que atingiram o PE e artigos que não atingiram o PE.

As instâncias de teste consideram um universo de 1000 artigos para simulação do modelo apoio à decisão desenvolvido. Para este estudo foram geradas e analisadas dez instâncias de teste.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
24										
		Gerar Valores								
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										

Artigo	Reposição - SKU	Volume/ SKU (cm3)	Preço Custo/ SKU (U.M.)	Peso/ SKU (Kg)	Função Valor/SKU (U.M.)	Função Valor Valorizada/ SKU (U.M.)
1	26	30021	44	13	-49	0,02
2	20	69365	71	17	435	435,00
3	17	22804	8	3	21	21,00
4	6	48352	78	7	200	200,00
5	13	107504	9	5	-87	0,01
6	12	99773	76	13	159	159,00
7	16	61648	83	19	368	368,00
8	8	16143	62	1	-37	0,03
9	10	91446	22	19	431	431,00
10	3	48482	7	6	217	217,00
11	19	173765	38	1	181	181,00
12	6	174777	24	3	352	352,00
13	26	69080	63	2	353	353,00
14	28	7261	12	11	223	223,00
15	1	19323	8	16	45	45,00
16	1	56191	47	4	281	281,00
17	21	141909	77	1	121	121,00
18	13	65455	3	18	123	123,00
19	8	184534	85	20	-88	0,01
20	9	199310	77	12	334	334,00
21	23	29755	31	8	436	436,00
22	8	57706	37	1	454	454,00
23	6	172466	58	6	117	117,00

Figura 5: Dados de entrada para simulação

Determinou-se para esta simulação que o envio da mercadoria é por via marítima onde os limites máximos relativos ao volume e ao peso são as capacidades máximas do transporte escolhido.

Os parâmetros definidos para o financiamento de aquisição de mercadoria baseiam-se na experiência em envio de mercadoria para um país em desenvolvimento, representando elevados riscos com a manipulação da mercadoria, pelo que a valorização da mercadoria *versus* viabilidade envio determinam os limites deste parâmetro.

Tabela 5: Parâmetros das restrições do modelo

PARÂMETRO	LIMITE MIN.	LIMITE MAX.
Espaços Vazios (%)		5
Volume máximo do transporte (cm3)		33 200 000
Financiamento para aquisição de mercadoria (U.M.)	40 000	75 000
Peso máximo permitido para transporte (Kg)		21 770

Depois de todos os parâmetros definidos e a geração dos valores aleatório para alimentar a base de dados, segue-se a configuração do modelo formulado utilizando a função *Solver* do Excel (Figura 6). Como o problema considera 1000 artigos utilizou-se o *OpenSolver*, já que a versão da função disponível por defeito no Excel não tem capacidade para mais do que 200 variáveis.

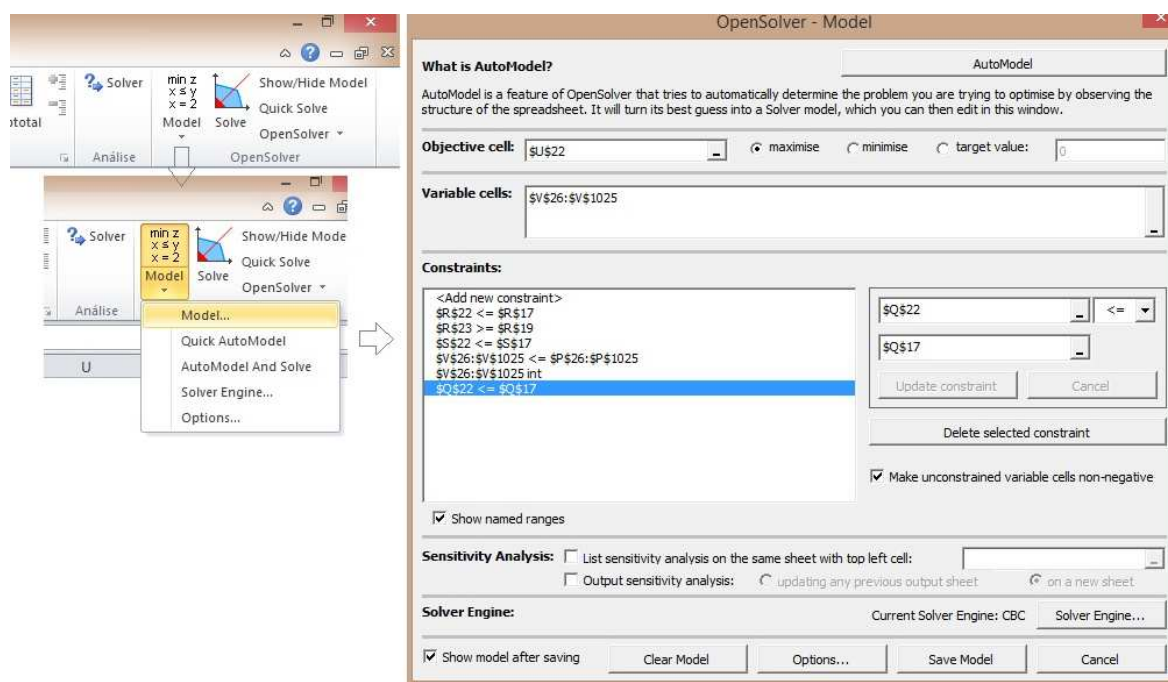


Figura 6: Configuração do modelo utilizando o *OpenSolver*

3.4.2. ANÁLISE DA SOLUÇÃO OBTIDA

Após a configuração do modelo, executa-se a função *Solver* e obtém-se os resultados da solução do SAD desenvolvido.

A execução do SAD é rápida dependendo cerca de 21 segundos para devolver a solução considerando um universo de 1000 artigos.

Para a validação do SAD definiu-se um plano, que visa representar o processo de decisão em função dos parâmetros e limites impostos e da FV. Assim, o plano de validação assenta no seguinte processo:

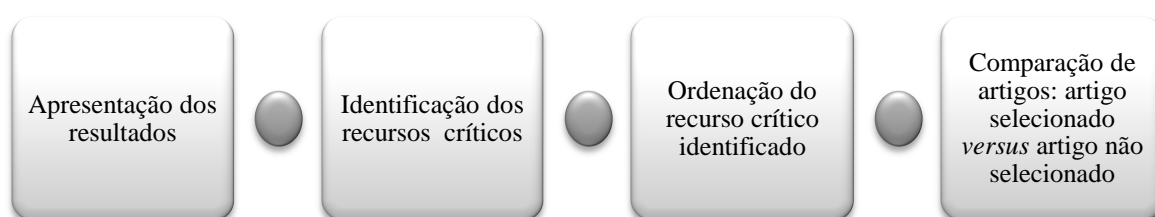


Figura 7: Plano de Validação do SAD

A Figura 8 apresenta o quadro com os parâmetros submetidos pelo utilizador para cada restrição do problema e os valores que o modelo utilizou para determinar a solução do problema. Contém também o resultado da função-objetivo do problema correspondendo ao valor máximo de vendas que representam os artigos escolhidos para reposição.

RESTRIÇÕES			FUNÇÃO OBJECTIVO (F.O.)
Volume (cm3)	Financiamento (U.M.)	Peso (Kg)	MAXIMIZAR
Limite máximo 31 540 000	Limite máximo 75 000 Limite mínimo 40 000	Limite máximo 21 770	
SOLUÇÃO RESTRIÇÕES			
Volume (cm3)	Financiamento (U.M.)	Peso (Kg)	Z= 586 819,00
31 534 701	74 991 74 991	20 126	

Figura 8: Quadro-solução do SAD

Face aos resultados do modelo, verifica-se que as restrições relacionadas com o volume e financiamento são as restrições que atingiram de muito perto o seu máximo. O volume corresponde a 99,98% da utilização da sua capacidade disponível para composição de mercadoria. O mesmo acontece com a restrição relacionada com o investimento que representa 99,99% da utilização do *plafond* disponível para compras de mercadoria. Já a restrição relacionada com o peso da mercadoria, só utiliza 92,45% do peso máximo permitido. Extrai-se desta análise que a restrição com folga é a restrição relacionada com o peso. Implica portanto, que o modelo prevalece as outras duas restrições em função desta, uma vez que os recursos das restrições relacionadas com o volume e financiamento se esgotam primeiro, tornando-se recursos críticos.

Face às necessidades de reposição tendo em conta os recursos disponíveis e utilizados, consegue-se estimar que os artigos a enviar representam um retorno de 586.819,00 U.M. em média nas suas vendas.

Apresenta-se na Figura 9 um excerto da instância de teste do SAD desenvolvido, com os respetivos resultados:

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
24										
		Artigo - Índice	Artigo	Reposição - SKU	Volume/ SKU (cm3)	Financiamento/ SKU (U.M.)	Peso/ SKU (Kg)	Função Valor/SKU (U.M.)	Função Valor Valorizada/SKU (U.M.)	Solução
25										
26		X1	1	7	125 948	90	2	196,00	196,00	0
27		X2	2	23	181 064	98	13	420,00	420,00	0
28		X3	3	4	23 232	66	16	4,00	4,00	0
29		X4	4	2	83 352	7	16	273,00	273,00	0
30		X5	5	18	163 912	78	11	140,00	140,00	0
31		X6	6	10	11 100	16	1	327,00	327,00	10
32		X7	7	13	143 276	27	1	332,00	332,00	0
33		X8	8	29	76 773	25	20	354,00	354,00	0
34		X9	9	27	38 178	6	12	320,00	320,00	0
35		X10	10	24	33 547	58	13	66,00	66,00	0
36		X11	11	23	72 731	56	5	186,00	186,00	0
37		X12	12	21	78 898	72	9	248,00	248,00	0
38		X13	13	14	132 362	61	17	-45,00	0,02	0
39		X14	14	30	118 899	59	19	-51,00	0,02	0
40		X15	15	1	99 290	95	3	236,00	236,00	0

Figura 9: Instância de teste ao SAD

Na Tabela 6 apresentam-se os resultados da instância de teste que corresponde aos artigos que foram selecionados para envio e reposição.

Tabela 6: Solução SAD: Artigos selecionados para reposição

Artigo	Solução	Artigo	Solução	Artigo	Solução	Artigo	Solução	Artigo	Solução	Artigo	Solução
X6	10	X247	19	X437	12	X598	22	X688	26	X840	18
X36	19	X255	25	X450	22	X606	22	X697	11	X867	21
X37	9	X259	26	X454	5	X608	24	X700	25	X905	24
X44	1	X262	11	X456	17	X612	2	X711	27	X911	15
X49	8	X268	30	X478	5	X613	6	X719	17	X934	24
X56	27	X276	28	X510	12	X614	19	X724	19	X938	25
X57	29	X283	25	X516	27	X621	22	X729	4	X950	28
X61	11	X286	7	X526	2	X627	28	X730	16	X953	28
X63	8	X290	7	X531	4	X629	20	X731	7	X954	27
X72	27	X303	29	X532	5	X634	14	X756	8	X957	8
X77	24	X321	15	X535	29	X638	15	X772	4	X973	7
X153	26	X325	1	X554	5	X655	18	X773	11	X977	25
X156	1	X344	14	X564	13	X659	28	X796	7	X978	26
X190	29	X345	8	X570	9	X671	13	X801	23	X993	12
X206	5	X369	9	X578	18	X678	4	X803	10	X995	6
X212	28	X423	1	X579	20	X679	11	X812	26	X997	2
X216	26	X424	23	X582	22	X681	12	X830	9	X998	13
X219	25	X433	12	X587	3	X687	10	X836	19		

Dos 1000 artigos considerados para a simulação, foram selecionados 107 artigos representando a combinação ótima de artigos com necessidades de reposição e selecionados para enviar.

A análise da solução do modelo de apoio à decisão assenta na comparação dos artigos que não foram selecionados para envio, com os artigos que foram selecionados.

Foram já identificados dois recursos críticos e um recurso com folga. Calcularam-se os rácios da FV por recursos críticos e ordenaram-se por ordem decrescente.

A primeira abordagem é feita analisando os resultados do rácio entre a FV e volume e posteriormente análise dos resultados do rácio entre a FV e financiamento disponível.

Com a intervenção das duas abordagens é validada a solução do modelo de apoio à decisão construído.

Tabela 7: Amostra da solução do SAD ordenada por Função-Valor por Volume

Artigo	Reposição - SKU	Função Valor Valorizada/ SKU (U.M.)	Solução	Função Valor/ Volume	Função Valor/ Financiamento	Função Valor/ Peso
X276	28	330,00	28	0,0107	4,459	16,500
X700	25	416,00	25	0,0107	18,909	138,667
X374	22	39,00	0	0,0107	0,424	5,571
X973	7	478,00	7	0,0106	5,432	119,500
X345	8	453,00	8	0,0106	4,819	56,625
X259	26	233,00	26	0,0106	2,678	29,125
X655	18	407,00	18	0,0104	9,927	135,667
X424	23	423,00	23	0,0104	4,598	22,263
X79	15	109,00	0	0,0103	1,124	54,500
X719	17	396,00	17	0,0102	30,462	49,500
X369	9	450,00	9	0,0101	5,921	64,286
X325	19	295,00	1	0,0100	6,413	26,818
X824	24	459,00	0	0,0099	7,650	459,000
X613	21	485,00	6	0,0099	11,023	25,526

Existem três artigos que não foram selecionados para envio, contudo o seu rácio FV por volume apresenta-se valorizado em comparação com artigos que foram selecionados para envio e que se encontram em posições desvalorizadas neste rácio.

O artigo X374 representa um artigo que não foi selecionado para reposição e o artigo X973 representa um artigo que foi selecionado para reposição cujo seu rácio FV por volume é desfavorável uma vez menos em comparação com o mesmo rácio do artigo X374. Contudo, analisando o rácio do outro recurso crítico (FV por financiamento disponível), verifica-se que o artigo X973 está valorizado aproximadamente treze vezes mais do que o artigo X374. A diferença de valorização entre os dois artigos valida que o artigo X973 seja escolhido para reposição deixando o artigo X374 fora da solução.

O mesmo acontece na comparação entre o artigo X79 que não foi selecionado para envio e o artigo X719 em posição contrária. A valorização do artigo escolhido encontra-se no rácio FV por financiamento que é cerca de vinte e sete vezes mais do que o artigo X79. Já o rácio FV por volume coloca apenas o artigo X719 uma vez menos favorável do que o artigo X79.

O rácio FV por volume entre o artigo X824 e o artigo X613 é igual. Neste caso a decisão do modelo recai sobre o rácio FV por financiamento que valoriza o artigo X613 em mais de uma vez face ao artigo X824 que não entrou para reposição.

A segunda abordagem reflete a análise dos resultados do rácio FV por financiamento.

Tabela 8: Amostra da solução do SAD ordenada por Função-Valor por Financiamento

Artigo	Reposição - SKU	Função Valor Valorizada/ SKU (U.M.)	Solução	Função Valor/ Volume	Função Valor/ Financiamento	Função Valor/ Peso
X188	15	500,00	0	0,0062	500,000	38,462
X167	14	490,00	0	0,0025	490,000	25,789
X321	15	486,00	15	0,0385	486,000	34,714
X25	6	434,00	0	0,0023	434,000	217,000
X865	9	370,00	0	0,0041	370,000	185,000
X415	25	245,00	0	0,0018	245,000	15,313
X201	7	241,00	0	0,0036	241,000	12,050
X614	19	464,00	19	0,0146	232,000	38,667
X681	12	439,00	12	0,0862	219,500	21,950
X595	16	196,00	0	0,0018	196,000	19,600
X897	1	364,00	0	0,0064	182,000	33,091
X634	14	345,00	14	0,0705	172,500	57,500
X959	18	332,00	0	0,0022	166,000	22,133
X910	10	421,00	0	0,0024	140,333	30,071
X938	25	420,00	25	0,0398	140,000	21,000
X854	10	273,00	0	0,0037	136,500	14,368
X784	11	366,00	0	0,0060	122,000	366,000

A tabela acima representa um extrato de artigos seleccionados e não seleccionados ordenados pelo rácio em análise. Da mesma forma que a análise anterior, a validação dos resultados é feita por comparação dos artigos que não foram seleccionados para enviar com os artigos que foram seleccionados para envio mais relevantes.

O artigo X167 apresenta um rácio FV por financiamento favorável uma vez mais em comparação com o artigo X321, contudo este artigo é cerca de 15 vezes mais favorável relativamente ao rácio da FV por volume. Face a esta diferença de favorecimento, o artigo X321 é validado com solução do modelo.

Ao comparar o artigo X201 que não foi seleccionado para envio com o artigo X614 em situação contrária, verifica-se que o artigo X201 é também uma vez mais favorável do que o artigo X614 no que respeita ao rácio relacionado com o financiamento. no entanto, este

cenário altera-se quando analisado o rácio relacionado com o volume. O artigo X614 é selecionado porque é cerca de 4 vezes mais valorizado do que o artigo X201. O mesmo acontece com os artigos X897 (não selecionado) e X634 (selecionado). Apesar de o rácio relacionado com o financiamento ser favorável para o artigo não selecionado (um vez mais), na comparação com o artigo selecionado, o mesmo não se verifica para o rácio relacionado com o volume representando uma diferença significativa de distância (cerca de 11 vezes menos).

Por último, na comparação entre o artigo X910 (não selecionado) com o artigo X938 (selecionado), verifica-se que a diferença entre artigos é pequena. Apesar de o artigo X910 estar em vantagem, a validação da inclusão do artigo X938 efetiva-se com a valorização em cerca de dezasseis vezes mais pelo rácio FV por volume do que o artigo não selecionado.

Embora a inteligência de reposição esteja incorporada na FV do ponto de vista operacional, garantindo a melhor decisão, existem algumas situações operacionais que poderão levar a troca de artigos, como por exemplo, artigos que originam vendas por simpatia (o artigo A poderá ser vendido em conjunto com o artigo B), artigos que têm muita rotatividade mas representam pouco valor, artigos que despoletam encomendas extraordinárias de clientes, campanhas de marketing e promoções, entre outros.

Os ciclos de aprovisionamentos e os prazos de entrega poderão estar nas razões das alterações do gestor, uma vez que poderá existir situações em que o artigo não está disponível o que acontece sazonalmente com o período de férias dos fabricantes por exemplo, e as encomendas são trabalhadas com antecedência e em função do período temporal.

4. CONCLUSÕES

Num país onde os recursos são escassos e onde existe dificuldades em tudo o que engloba a logística de abastecimento, o levantamento de oportunidades de melhoria e desenvolvimento de ferramentas de apoio à gestão, são uma grande valia, permitindo uma maior rapidez e confiança na tomada de decisões.

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de apoio à decisão para resolver o problema de reaprovisionamento de stocks com limitação de recursos, que permite apoiar o decisor na sua tomada de decisão, criando rapidamente cenários que pode escolher e alterar ao seu critério.

O sistema de apoio à decisão faz um tratamento dos dados e apresenta soluções de acordo com a informação e critérios pré-definidos. Cabe ao gestor de stocks compilar a informação e resultados obtidos de forma a ultimar a validação dos artigos que foram seleccionados para envio e reposição versus artigos que não foram seleccionados. A decisão operacional aplica-se nesta última fase de análise de necessidades, uma vez que poderá ser necessário fazer alguma troca de artigos, onde é assumido qualquer risco associado a alterações e substituições pelo especialista.

A inteligência de reposição está incorporada na FV do ponto de vista operacional, desenhada para garantir uma melhor decisão, permitindo a decisão final do analista sob a solução do SAD.

O SAD desenvolvido foi validado com instâncias de teste que representam o problema real apresentado neste documento, contudo como foi simulado de forma aleatória pode-se ajustar a qualquer outra realidade empresarial ou tipo negócio, ou encomenda específica.

Os resultados atingidos foram relevantes para a representação do negócio e a empresa apresentada neste caso de estudo, considerando uma ferramenta válida para o reaprovisionamento stocks, cuja fase seguinte passa pela implantação e utilização do sistema no processo de gestão stock e logístico.

Como sugestões para novos desenvolvimentos deste tema no futuro, inclui-se a possibilidade de incorporar o sistema de apoio à decisão no sistema integrado de gestão ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa ou a melhoria dos automatismos da atual aplicação Excel, recorrendo a VBA (*Visual Basic for Applications*).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ben-Khedher, N., & Yano, C. A. (1994). The Multi-Item Joint Replenishment Problem With Transportation and Container Effects. *Transportation Science* , 28.
- Bronson, R. (1985). *Pesquisa Operacional*. São Paulo, Brasil: McGraw-Hill.
- C.S. Chen, S. L. (1995). An analytical model for the container loading problem. *European Journal of Operational Research*, 80, 68-76.
- Carol J. Robinson, M. K. (2005). Defining the concept of supply chain quality management and its relevance to academic and industrial practice. *International Journal of Production Economics*, 96, 315-337.
- Çetinkaya, S., & Lee, C.-Y. (2002). Optimal Outbound Dispatch Policies: Modeling Inventory and Cargo Capacity. *Naval Research Logistics*, 49.
- Chen-Fu Chien, J.-F. D. (2004). A container packing support system for determining and visualizing container packing patterns. *Decision Support Systems*, 37, 23-34.
- Hariga, M. A., Al-Ahmari, A., & Mohamed, A.-R. A. (2007). A joint optimisation model for inventory replenishment, product assortment, shelf space and display area allocation decisions. *Research, European Journal of Operational*, 71, 239-251.
- Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2014). *Estatísticas do Comércio Internacional 2013*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2015). *Estatística do Comércio Internacional 2014*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.

- Kannana, V., & Tan, K. C. (2005). Just in time, total quality management, and supply chain management: understanding their linkages and impact on business performance. *Omega - The International Journal of Management Science*, 33, 153-162.
- Khouja, M., & Goyal, S. (2008). A review of the joint replenishment problem literature:1989-2005. *European Journal of Operational Research*, 186, 1-16.
- Lopes, M. P. (2013). Textos de Apoio da Disciplina Modelos de Otimização de Apoio à Decisão. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Michael J. Maloni, W. B. (1997). Supply chain partnerships: Opportunities for operations research. *European Journal of Operational Research*, 101, 419-429.
- Musalem, E. P., & Dekker, R. (2005). Controlling inventories in a supply chain: A case study. *International Journal of Production Economics*, 179-188.
- Pisinger, D. (2002). Heuristics for the container loading problem. *European Journal of Operational Research*, 141, 382-392.
- Robert Stahlbock, S. V. (2008). Operations research at container terminals: a literature update. *OR Spectrum*, 30, 1-52.
- Simonson, I. (1999). *Journal of Retailing*. 75(3), 347-370.
- Sindhuchao, S., Romein, H. E., Akçali, E., & Boondiskulchok, R. (2005). An Integrated Inventory-Routing System for Multi-item Joint Replenishment with Limited Vehicle Capacity. *Journal of Global Optimization*, 32, 93-118.
- Tavares, L. V., Oliveira, R. C., Themido, I. H., & Correia, F. N. (1996). *Investigação Operacional*. Lisboa: Mc Graw-Hill.
- Urban, T. L. (1998). An Inventory- Theoretic Approach to Product Assortment and Shelf- Space Allocation. (N. Y. University, Ed.) *Journal of retailing* , 74(1), 15-35.
- Yang, M.-H., & Chen, W.-C. (1999). A Syudy on Shelf Space allocation and management. *International Journal of Production Economics*, 60-61.